

АЛГОРИТМ КОМПОНЕНТНОГО АНАЛІЗУ ФОРМУЛЬНИХ ВИРАЗІВ ДЛЯ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОННОГО ТЕСТУВАННЯ ЗНАНЬ

© Тменова Н., Сусь Б., 2014

Пропонується методика перевірки завдань з математичних дисциплін під час тестування в електронних навчальних середовищах. Розроблено алгоритм компонентного аналізу формульних виразів та їх індексування для автоматичної обробки. Запропонований підхід дає можливість урізноманітнити типи тестових запитань та реалізувати їх перевірку в комп'ютерних системах.

Ключові слова: автоматичний аналіз, тестування, формульні вирази.

Principles of knowledge examination of mathematical subject testing in e-learning environments have been developed. Component analysis and formula expression indexing algorithm for automatic analysis is suggested. This approach allows to diversify the types of questions for consequent verification and implementation in computer systems.

Key words: automatic analysis, testing, formula expressions.

Вступ

Із врахуванням позицій Болонського процесу значна частина навчальної діяльності студентів орієнтована на самостійну роботу. Однак самостійна діяльність студентів потребує відповідної організації і дидактичного забезпечення. Електронні навчальні середовища (ЕНС) значно спрощують цей процес, тому останнім часом почали широко використовуватися в навчальному процесі.

Якщо проблеми отримання навчальної інформації при електронному навчанні успішно розв'язуються, то перевірка засвоєння матеріалу залишається актуальною проблемою. Серед способів проведення тестування можна виділити як найвживаніші паперовий та комп'ютерний варіанти. При паперовому способі тестування студенти отримують аркуші паперу, на яких надруковані тестові завдання, знаходять правильні відповіді й позначають їх. Більшість паперових тестів розроблено так, що перегляд аркушів, перевірку правильності відповідей та підрахунок кількості набраних балів можна виконувати комп'ютерними засобами. При комп'ютерному тестуванні студент взаємодіє тільки з комп'ютером, а контролюючий викладач практично відсторонений як від роздавання завдань, так і від оцінювання їх виконання. Вважається, що комп'ютерне тестування є найбільш об'єктивним та технологічним засобом оцінювання знань. ЕНС мають функцію тестування знань, але, як показує практика, її можливості доволі обмежені і мають низку недоліків. Практично в усіх навчальних системах існують стандартні закриті і відкриті форми тестових завдань. Тестові завдання закритої форми пропонують вибрати одну правильну відповідь із декількох запропонованих. Найпоширенішими при комп'ютерному тестуванні знань є такі форми тестових завдань закритого типу: множинний вибір (multiple choice), вибір правильної відповіді (відповідей) з декількох та питання на відповідність [1]. Тестові завдання відкритої форми дають можливість вільно конструювати відповідь або доповнювати (завершувати) частковий варіант відповіді. Вони не містять запропонованих варіантів відповідей і використовуються для того, щоб виявити знання термінів, означень, понять, поданих у навчальному матеріалі. За змістом це твердження з невідомою змінною. Використовуються тести доволі активно в ЕНС, зокрема в безплатній системі Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment), якою користуються у понад 100 країнах світу. ЕНС Moodle проектували відповідно до сучасних педагогічних вимог: за принципами і методами діяльнісного активного навчання, особистої спрямованості, спільної діяльності, критичної рефлексії. В означеній системі використовуються

тестові завдання з різним набором запитань (множинний вибір), з вибором правильно/неправильно, на відповідність, передбачено коротку тестову відповідь, а також числову або обчислювану. Всі запитання зберігаються в базі даних і можуть використовуватись повторно в цьому або іншому курсі. Важливою особливістю Moodle є те, що система створює і зберігає робоче середовище кожного студента: всі виконані ним роботи, оцінки і коментарі викладача до робіт, повідомлення на форумах.

Але при тестуванні знань з природничих наук форми закритого типу виявляються неефективними, оскільки вони не передбачають перевірки цілого ряду завдань, які у результаті мають формульний вираз. Більше того, інколи, відповідаючи на питання закритого типу, правильну відповідь доволі легко знайти, підставляючи варіанти відповідей в умову задачі.

Тестування знань з математичних дисциплін

Засоби комп'ютерного тестування можуть значно полегшити монотонну перевірку розв'язків великої кількості математичних прикладів під час роботи з широкою аудиторією студентів [2].

За цільовим призначенням тестові завдання можна поділити на теоретичні (перевірка знань) та практичні (перевірка вмінь та навичок). Якість тестового іспиту залежить від упорядкування тестових завдань, їх глибини і повноти охоплення матеріалу, що підлягає контролю. За допомогою правильно складених тестів можна оцінювати не тільки уміння відтворювати певну інформацію, але також зіставляти, аналізувати та інтерпретувати факти.

Під час визначення рівня підготовки студентів з математичних дисциплін основну увагу звертають на перевірку вмінь та навичок. Основним типом запитань при цьому є завдання, відповідь на які задається у вигляді формули. Як вже було зазначено, в цьому випадку запитань закритого типу недостатньо. Проте, використовуючи запитання відкритого типу, стикаємося з іншою проблемою – неоднозначності форм представлення відповідей, кожна з яких є правильною,

бо одну й ту ж саму формулу можна записати по-різному (наприклад, $(x^{-1} + y^2)^{-1}$ або $\frac{1}{y^2 + \frac{1}{x}}$).

Особливістю більшості ЕНС (наприклад, описаної вище системи Moodle) та візуальних редакторів формульних виразів є те, що вони написані на основі відкритого коду, тому їх доволі легко модифікувати [3]. Це може зробити власними силами навчальний заклад. Більше того, до виконання таких проектів можна залучити студентів, що володіють відповідними навичками програмування.

Як приклад розглянемо задачу з лінійної алгебри.

З'ясувати, чи можна матрицю A лінійного оператора звести до діагонального вигляду шляхом переходу до нового базису. Знайти цей базис і відповідну йому матрицю, якщо

$$A = \begin{pmatrix} -1 & 3 & -1 \\ -3 & 5 & -1 \\ -3 & 3 & 1 \end{pmatrix}.$$

Зрозуміло, що при використанні запитань закритого типу викладач повинен заздалегідь задати кілька варіантів базисних векторів та діагональних матриць, на що він витратить значно більше часу, ніж у випадку, коли використовується форма запитань відкритого типу з можливістю появи відповідного шаблону для введення студентом базисних векторів та відповідної матриці. А якщо кількість задач такого типу достатньо велика, то час, витрачений викладачем на складання тесту, значно зростає.

У запропонованому нами підході модифікація редактора формул передбачає створення шаблонів для введення формул та використання індексації елементів формульного виразу [4]. Приклад вікна для введення формул зображено на рис. 1.

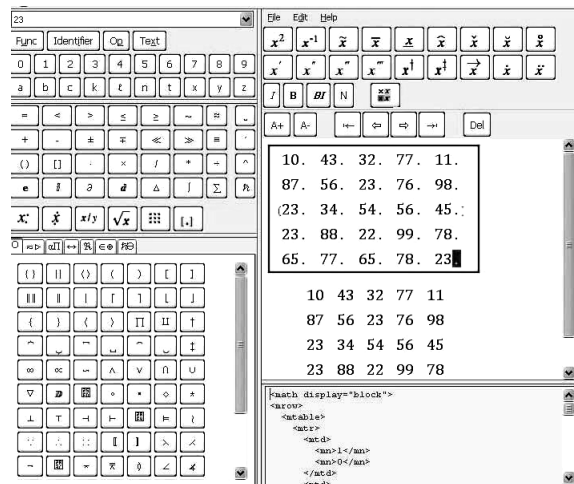


Рис. 1. Вікно введення формул

Алгоритм перевірки даних (володіння матеріалом) дає можливість перевіряти знання і у випадку неоднозначності при введенні відповіді студентами. Основними етапами роботи алгоритму є виконання таких кроків, як індексування елементів масиву за групами, перевірка комутативних, асоціативних та дистрибутивних операцій. Запропонований алгоритм передбачає формалізацію введеного матеріалу, тобто представлення елементів формульного виразу у структурованому, придатному для комп'ютерного опрацювання вигляді, для подальшої обробки та порівняння з еталонним значенням (із використанням імовірнісного підходу до оцінювання рівня знань студента).

Роботу алгоритму перевірки даних можна зобразити у вигляді розгорнутої схеми (рис. 2).

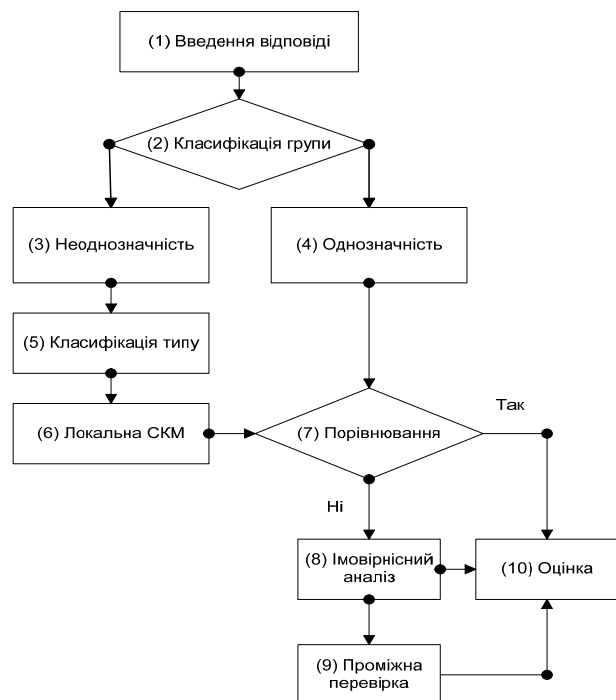


Рис. 2. Схема роботи алгоритму

Результат відповіді, введений за допомогою розширеного шаблону (1), надходить до блоку попередньої обробки (2), де відбувається класифікація групи завдань (напр., алгебра, аналітична геометрія, математичний аналіз, диференціальні рівняння та ін.) за допомогою аналізу проіндексованих значень візуального редактора та перевірки мітки викладача (в якій міститься інформація про однозначність чи неоднозначність введеної відповіді).

За результатами аналізу однозначні відповіді проходять спрощену перевірку на порівнювання з еталоном (7). Залежно від імовірності збігу (8) виставляється оцінка (10) або пропонується додаткова перевірка проміжних результатів (9). При цьому до результуючої оцінки додається

відповідний штрафний коефіцієнт. У випадку неоднозначності відповіді відбувається класифікація за допомогою блоку (5) та бібліотеки системи комп'ютерної математики (СКМ), що розташована на локальному сервері (6). При створенні тестів викладач може поставити відповідні мітки у формі введення щодо необхідності детального аналізу (5) та надсилання сумнівних результатів на зовнішній сервер. Також викладач може вказати, до якої галузі належить запитання. Це спрощує подальшу автоматизовану перевірку у випадку неоднозначності, оскільки завдання одразу надходить у відповідну бібліотеку блоку (6). Далі результати надходять до блоку (7) або надсилаються на зовнішній сервер детальнішого аналізу. Ця функція є опціональною, оскільки такий аналіз зазвичай потребує потужних обчислювальних ресурсів і може зайняти тривалий час при тестуванні великих груп студентів.

Структуру блоку (6) показано на рис. 3.

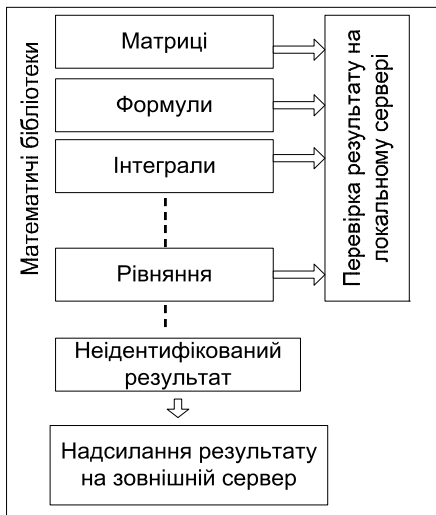


Рис. 3. Структура блоку (6) “Локальна СКМ”

Можливість адаптивного навчання студентів реалізовано за схемою, зображеною на рис. 4.

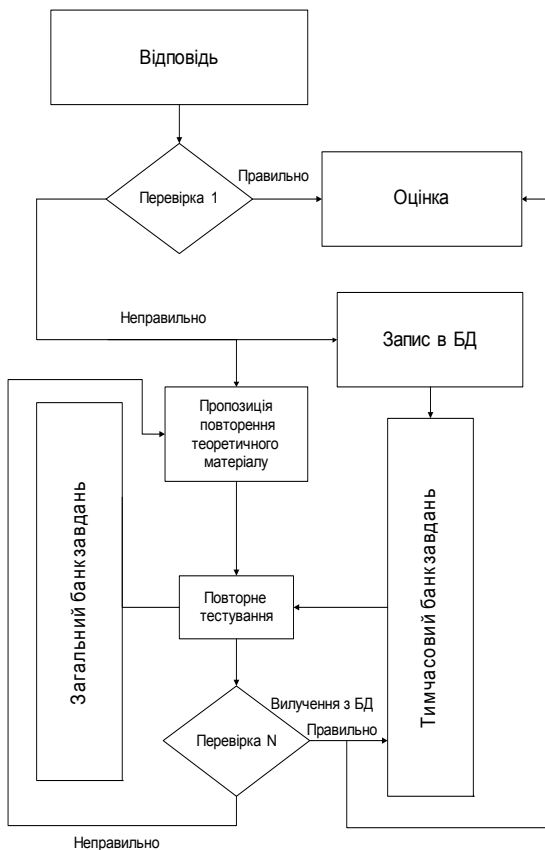


Рис. 4. Схема адаптивного навчання студентів

Ідея полягає в тому, що питання, на які студент дає неправильну відповідь, записуються в базу даних для подальшого тестування. Після опрацювання теоретичного матеріалу ці питання (разом з іншими питаннями з банку завдань у відповідному співвідношенні, що задається викладачем) повторно пропонуються для тестування. Після правильної відповіді завдання з банку даних вилучається. Кількість можливих тестувань залежить від оцінки за попередній тест.

Висновки

Засоби комп'ютерного тестування широко використовуються для контролю знань студентів як на етапі самоперевірки, так і під час рубіжного контролю і значно полегшують перевірку розв'язків великої кількості математичних прикладів під час роботи з широкою аудиторією студентів. На практиці переважно застосовують кілька стандартних форм комп'ютерних тестових завдань. При підготовці тестових завдань важливого значення набуває правильний вибір типу завдань, який використовуватиметься для перевірки знань стосовно того чи іншого об'єкта вивчення. Вибір типу тестового завдання визначається характером структурних компонентів умінь, що є об'єктом контролю.

Загальноновживаних форм, що передбачають завдання з вибором однієї чи кількох правильних варіантів відповідей, завдання на встановлення відповідностей, виявляється недостатньо для об'єктивного оцінювання правильності виконання завдань з математичних дисциплін. Взагалі краще віддавати перевагу завданням з вільним складанням відповідей, коли відповідь має вигляд: терміна, символу, цифри або числа, формули або запису, введення яких з клавіатури не потребує багато часу і високого рівня підготовки до роботи.

За таким підходом модифікація редактора формул передбачає створення шаблонів для введення формул та використання алгоритму індексації елементів виразу, що дає можливість уникнути неоднозначності при введенні відповіді студентами. Завдання з комп'ютерною перевіркою аналітичного символічного виразу можуть бути застосовані для автоматизації перевірки вмінь і знань з природничих дисциплін, зокрема фізики, математики шляхом відповідної модифікації шаблону.

1. Аванесов В. С. *Научные проблемы тестового контроля знаний* / В. Аванесов. – М.: Исслед. центр, 1994. – 135 с. 2. Жарких Ю.С. *Комп'ютерні технології в освіті: навч. посібник* / Ю. С. Жарких, С. В. Лисоченко, Б. Б. Сусь, О. В. Третьяк. – К.: ВПЦ "Київський університет", 2012. – 239 с. 3. *Firemath – The MathML Editor*. [Електронний ресурс]. – Доступний з: <http://www.firemath.info/> – 2013. 4. Тменова Н.П. *Особливості комп'ютерного тестування з математичних дисциплін в електронних навчальних середовищах* / Н. П. Тменова, Б. Б. Сусь // *Матеріали 5-ї наук.-практ. конф. "Інноваційні комп'ютерні технології у вищій школі "* – 19-21 Листопада 2013, НУЛП Львів (Україна). – 2013. – Р. 52–55.

N. Tmenova, B. Sus

COMPONENT ANALYSIS ALGORITHM FOR ONLINE ELECTRONIC KNOWLEDGE TESTING SYSTEMS

Introduction. In Bologna Process half of teaching time is dedicated for independent activity of the students. Computer support of the educational process provides wide opportunities for independent work of students and their work in classrooms. Therefore, virtual learning environment platform (VLE) could be an essential tool for solving the task of increasing the quality of education. In spite of the problem of educational knowledge and information accessing in e-learning is successfully resolved, the online testing and assessment remains a relevant scientific and methodical issue that requires a solution.

Testing of students in mathematics. Main attention is paid to checking the skills and abilities in defining the level of training of students in mathematics. The main type of questions in this case requires answer as a formula. Closed-forms of questions do not involve checking of a number of tasks [1,2]. In the open type questions there is a problem of ambiguity forms of answers, all of which are correct.

It is quite easy to modify most of the open source learning management systems and WYSIWYG formula editors [3]. It can be easily done by the implementation of research projects in the institutions to engage students with relevant programming skills. Proposed modification of the formula editor provides the creation of templates for entering formulas and indexing algorithm using elements of expression that allows to avoid ambiguity during online student testing. The tasks with computer verifying of analytical symbolic expression can be applied for automation of skills and knowledge checking in natural sciences by appropriate modification of the template [4].

The main steps of algorithm. The main steps of the data verification algorithm are to perform the indexing of array elements in groups, checking commutative, associative and distributive operations. The proposed algorithm provides formalization of entered answer, and represents elements of the formula expression in a structured, suitable for computer processing form. Further processing provides comparison with the reference value using a probabilistic approach to assessing students' knowledge.

Adaptive student learning. Also this model is convenient for adaptive student learning. Questions with the wrong student's answer recorded in a database for subsequent testing. After working through the theoretical material of these issues (along with other issues from question bank problems in an appropriate ratio, given by the teacher) students perform re-examination. Question is removed from the database after correct answer. The number of possible tests depends on an assessment of the previous test.

Conclusions. Computer based testing is widely used to evaluate students' knowledge during self-testing and quizzes. Principles of knowledge examination of mathematical subject testing in e-learning environments have been developed. Component analysis and formula expression indexing algorithm for automatic analysis is suggested. Due to the proposed algorithm it is much more easier to verificate a large number of mathematical solution examples with a large number of students. This approach allows to diversify the types of questions for consequent verification and implementation in computer systems.

1. AVANESOV, V. (1994) *Scientific problems of test knowledge control*. – Moscow: Research center (in Russian). 2. ZHARKIH, YU., LYSOCHENKO, S., SUS, B. and TRETYAK, O. (2012) *Computer Technologies in Education*. – Kyiv. Taras Shevchenko University (in Ukrainian). 3. FIREMATH. (2013) – *The MathML Editor*. [Electronic Resource]. – Available from: <http://www.firemath.info/> – Title from the screen. [Accessed: 19th November 2013]. 4. TMYENOVA N.P., SUSE B.B. (2013) *Features of computer mathematics testing in e-learning environments // 5th Scientific Conference Preceedings “Innovative computer technologies in higher education”, Tuesday 19th to Thursday 21st November 2013*. NULP Lviv (Ukraine), pp. 52-55.